

COMPORTAMENTO DE LINHAGEM DE ARROZ IRRIGADO TOLERANTE À FRIO (SC 806) SOB OCORRÊNCIA DE BAIXAS TEMPERATURAS EM CAMPO, NA FASE REPRODUTIVA, NA SAFRA 2020/2021

Rubens Marschalek¹; Edemar Eichstadt²; Ricieri Verdi³; Laerte R. Terres⁴, Paulo H. Karling Facchinello⁵; Angelo Mendes Massignam⁶, Maria Laura Guimaraes Rodrigues⁷, Hamilton Justino Vieira⁸, Luis Sangoi⁹

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., melhoramento, estresses abióticos, esterilidade, produtividade, antese

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas promovem o aumento na frequência de extremos de temperaturas, e estas usualmente reduzem a produtividade das plantas, o que é um dos empecilhos para a superação do desafio de dobrar a produção de alimentos até 2050 (LIU, 2013).

A vulnerabilidade da orizicultura do Sul do Brasil a eventos extremos de temperaturas (altas e baixas) coloca em risco a segurança alimentar pois estes provocam esterilidade, diminuindo a produtividade e consequentemente baixando a produção total deste cereal.

As baixas temperaturas significam especial risco à produção de arroz em Santa Catarina quando ocorrem na fase reprodutiva da cultura, geralmente na primavera/verão. Neste momento, quando massas de ar mais frio adentram o Estado, as regiões orizícolas de elevada altitude são as mais expostas a temperaturas baixas limítrofes para o arroz. No Brasil considera-se que temperaturas entre 15 a 19° C (ou menores) induzem à esterilidade (SOSBAI, 2018), sendo a fase mais crítica a microsporogênese (R2) e a antese (R4), sendo a primeira usualmente a mais sensível delas (ROZZETTO et al, 2015; SOUZA et al. 2017, XIAO e CHEN, 2021).

A injúria por baixas temperaturas gera esterilidade do pólen e das espiguetas, resultantes principalmente da inibição da elongação do tubo polínico. A tolerância a baixas temperaturas em arroz é de herança quantitativa, sendo que diferentes genes controlam esta tolerância em diversas fases de crescimento da planta (REYES et al, 2018; XIAO e CHEN, 2021).

Diferentes estratégias podem ser usadas para aumentar a tolerância do arroz a extremos de temperatura, e uma delas é o melhoramento, através da seleção fenotípica (KHAN et al., 2019). Porém, a temperatura é um fator imprevisível e difícil de utilizar como agente seletivo em programas de melhoramento. Apesar disso, progressos têm sido alcançados na obtenção de cultivares resistentes ao frio, como em Hokkaido, no Japão (SHINADA et al., 2013), mas também há resultados promissores na Epagri, concernente à tolerância na fase reprodutiva (SOUZA et al., 2017; STÜRMER et al., 2017; STÜRMER et al, 2019; MARSCHALEK et al., 2019b). As ocorrências climáticas de extremos de temperatura são cíclicas e imprevisíveis. Assim, seria importante disponibilizar variedades de arroz irrigado tolerantes ao estresse por extremos de temperaturas.

O presente estudo aproveitou um destes eventos espontâneos de baixas temperaturas ocorrido na fase reprodutiva no transcorrer do cultivo de uma Unidade de Observação (UO) de arroz irrigado, a fim de avaliar a esterilidade e produtividade em uma linhagem promissora e duas testemunhas. A hipótese era a de que a linhagem SC 806 (Epagri-Embrapa) comprovasse sua

¹ Agrônomo, Dr., Epagri – Estação Experimental de Itajaí, Rod Antônio Heil n. 6800, 88318-112, Itajaí, SC, Brasil rubensm@epagri.sc.gov.br.

² Agrônomo, Epagri edemar@epagri.sc.gov.br

³ Agrônomo, Epagri ricieriverdi@epagri.sc.gov.br

⁴ Agrônomo, Dr., Epagri laerteterres@epagri.sc.gov.br

⁵ Agrônomo, Dr. Pós-Doc CNPq na EPAGRI-UDESC/CAV phfacchinello@gmail.com

⁶ Agrônomo, Dr. Epagri/Ciram massigna@epagri.sc.gov.br

⁷ Meteorologista, Dra. Epagri/Ciram laura@epagri.sc.gov.br

⁸ Agrônomo, Dr. Epagri/Ciram vieira@epagri.sc.gov.br

⁹ Agrônomo, Dr. Prof. UDESC/CAV luis.sangoi@udesc.br

superioridade agronômica nas condições de estresse natural, repetindo o mesmo comportamento promissor já obtido em condições controladas de frio (STÜRMEER et al., 2017; STÜRMEER et al., 2019), e confirmasse também o mesmo bom desempenho obtido em avaliações de campo durante cinco safras agrícolas em regiões de altitude (500 a 600m) de Santa Catarina (MARSCHALEK et al., 2015; MARSCHALEK et al., 2017; MARSCHALEK et al. 2019a).

MATERIAL E MÉTODOS

A área experimental constou de uma Unidade de Observação (UO) (uma metodologia da Extensão Rural). A UO foi instalada na propriedade do agricultor Silvio Bonin, divisa dos municípios de Taió e Mirim Doce (SC), numa quadra de arroz de 31 x 48m localizada a 349m acima do nível do mar (27° 10' 23"S e 50° 02' 33"W). A intenção era confirmar o comportamento da linhagem SC 806 em comparação com testemunhas comerciais quanto à produtividade, esterilidade e acamamento sob condições de cultivo comercial em região de altitude. A escolha da SC 806 para esta UO deu-se em função de sua tolerância a baixas temperaturas sob condições controladas e de campo em locais de elevada altitude, já descritas anteriormente. As testemunhas locais foram as cultivares SCS122 Miura e SCS125. A suscetibilidade das duas testemunhas à frio na fase reprodutiva já era conhecida a partir de estudos anteriores (ROZZETTO et al., 2015; STÜRMEER et al., 2017; SOUZA et al., 2017; MARSCHALEK et al., 2019b).

A UO foi implementada em sistema pré-germinado, em 3 parcelas sem repetição de 5 x 10 m. As três parcelas foram semeadas em 21/10/20 numa densidade de 140 kg ha⁻¹, constando cada uma de um genótipo, a saber: SC 806, SCS122 Miura e SCS125. O manejo seguiu as recomendações da Epagri (EBERHARDT e SCHIOCCHET, 2015).

Quanto às variáveis avaliadas, a de principal interesse foi a produtividade, estimada a partir de 2 amostras (consideradas como repetições) de 1 x 2m colhidas em cada parcela (cada genótipo). Cientes das coincidentes baixas temperaturas a que a UO foi submetida na fase reprodutiva, decidiu-se colher ainda, em cada genótipo, uma amostra de 0,5 x 0,5m para a averiguar a esterilidade. Estas tiveram as espiguetas debulhadas manualmente. Cada uma das três amostras foi quarteada, e as espiguetas férteis (grãos cheios) foram separadas das espiguetas vazias, através de um soprador colunar, com fluxo de ar ascendente, e todas foram contadas (Contador de grãos Pfeuffer - Alemanha). A qualidade de grãos e rendimento industrial foram estimados pelo scanner de grãos Image (Selgron), no Lamgen (Laboratório de Melhoramento Genético de Arroz Irrigado da Epagri). A análise de variância e o teste de médias Tukey ($p < 0,05$) foram feitos através do software GENES (CRUZ, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O florescimento da linhagem SC 806 ocorreu em 5 de fevereiro de 2021, quando esta apresentou as primeiras panículas emergindo da bainha da folha bandeira (R4), momento no qual uma frente fria entrou no Estado, mantendo as mínimas diárias abaixo dos 17°C por 6 dias consecutivos (Dados da Estação Meteorológica de Mirim Doce, a 500m de altitude, comunidade de Volta Grande). Nesta fase, tanto a SCS122 Miura quanto a SCS125 estavam em microsporogênese adiantada (R2-R3), vindo a florescer em 10/2/21 e 13/2/21 respectivamente. Neste sentido, os dados meteorológicos apontam para condições levemente mais amenas quanto as temperaturas mínimas que atingiram a antese da SCS122 Miura. Já a SCS125 foi submetida a temperaturas novamente mais baixas na antese (Tabela 1). Desta forma, os três genótipos foram expostos a baixas temperaturas na fase reprodutiva crítica, e não há como atribuir ao escape a vantagem de algum dos genótipos. No período de 1 a 18 de fevereiro praticamente não houve precipitações pluviométricas, de modo que não se pode imputar às chuvas eventual esterilidade.

Neste evento, a massa de ar frio que acompanhou a frente fria foi mais persistente do que o normal, pois, conforme a climatologia, em meses de verão essas massas de ar frio deixam as temperaturas mínimas mais amenas em torno de 2 dias consecutivos, já que apresentam um deslocamento mais rápido no Sul do Brasil (RODRIGUES et al., 2004).

A linhagem SC 806 apresentou produtividade significativamente superior às testemunhas SCS122 Miura e SCS125 (Tabela 2). Além disso, a esterilidade, mesmo que baseada em apenas uma amostra, confirma o bom desempenho desta linhagem quando exposta a baixas temperaturas na fase reprodutiva, validando vários dados anteriores já citados. Os dados de qualidade de grão (Tabela 2) indicam que a linhagem SC 806 está dentro do esperado para arroz, apresentando a vantagem de ter cifras maiores quanto à porcentagem de grãos longo-finos, em virtude do dimensionamento dos grãos, o que também é percebido pela relação Comprimento/Largura. Não houve acamamento em nenhum dos três genótipos avaliados.

Assim, a SC 806 consolida-se como linhagem candidata à lançamento com o atributo de ser tolerante a baixas temperaturas na fase reprodutiva, sendo útil para o enfrentamento dos extremos de temperatura provocados pelas mudanças climáticas em curso.

CONCLUSÃO

A linhagem SC 806 se destaca quanto à maior produtividade e menor esterilidade quando ocorrem baixas temperaturas na antese. Deste modo, os dados da UO validam, em nível de campo, dados e estudos anteriores, obtidos em campo em regiões de elevada altitude, e também sob crescimento controlado.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa, pelo co-desenvolvimento da linhagem SC 806. Ao assistente de pesquisa Geovani Porto e ao agricultor Sr. Silvio Bonin e sua esposa Sra. Iara Bonin.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRUZ, C. D. Programa Genes - Aplicativo Comput. em Genética e Estatística. VIÇOSA, UFV, 1997. v1. 442 p.
- KHAN, S.; ANWAR, S.; ASHRAF, M. Y.; KHALIQ, B.; SUN, M.; HUSSAIN, S.; GAO, Z.; NOOR, H.; ALAM, S. Mechanisms and Adaptation Strategies to Improve Heat Tolerance in Rice. A Review. *Plants*. v.8, 508. 2019.
- LIU, Q.A. The impact of climate change on plant epigenomes. *Trends in Genetics*, v.29, n.9, p.503-505, 2013
- MARSCHALEK, R., ROZZETTO, D. S., ANDRADE, A., & WICKERT, E. Avaliação de genótipos de arroz irrigado em região de elevada altitude, sujeitos a baixas temperaturas 2013/14 - 2014/15. *Anais CBAI*, 116-19, 2015.
- MARSCHALEK, R.; HICKEL, E.R.; STÜRMER, F.W. Avaliação da produtividade de cultivares e linhagens de arroz irrigado em região de altitude, sujeita a baixas temperaturas, 2015/16-2016/17. *Anais CBAI*, 1-4, 2017.
- MARSCHALEK, R., SOUZA, N. M., WICKERT, E., ANDRADE, A., TERRES, L. R., MASSIGNAM, A. M., RICCE, W. S., SANGOI, L. Produtividade de cultivares e linhagens de arroz irrigado em região de altitude, sujeita a baixas temperaturas, safras 2017/18 e 2018/19. *Anais do CBAI*. 129-132, 2019a.
- MARSCHALEK, R., ERDMANN, L.F., ROZZETTO, D.S. Esterilidade e peso de grãos em genótipos de arroz irrigado sob condições controladas debaixo temperatura microsporogênese e antese. *Anais CBAI*. 4p 2019b.
- REYES, B.G de los, KIM, Y.S., MOHANTY, B., KUMAR, A., KITAZUMI, A., PABUAYON, I.C.M., SANDHU, N., LEE, D-Y. Cold and Water deficit regulatory mechanisms in Rice: optimizing stress tolerance potential by pathway integration and network engineering. In: SASAKI, T., ASHIKARI, M. *Rice Genomics, Genetics and Breeding*. Singapore: Springer, 2018. p.318-319
- RODRIGUES, M.L.G., FRANCO, D., SUGAHARA, S. Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geofísica*, v.22, n.2, p.135-151, 2004.

ROZZETTO, D.S. Tolerância de genótipos de arroz irrigado submetidos a estresses por baixas temperaturas na fase reprodutiva. *Agropecuária Catarinense*, v.28, n.2, p.61-66, 2015.

SHINADA, H., IWATA, N., FUJINO, K. Genetical and morphological characterization of cold tolerance at fertilization stage in rice. *Breeding Science*, 63, 197-204, 2013 <https://doi.org/10.1270/jsbbs.63.197>

SOSBAI – Sociedade sul-brasileira de arroz irrigado. Arroz irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Sosbai, Cachoeirinha, 2018. 205p.

SOUZA, N. M., MARSCHALEK, R., SANGOI, L., WEBER, F. S. Spikelet sterility in rice genotypes affected by temperature at microsporogenesis. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21, 817-821, 2017. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n12p817-821>

STÜRMER, F. W. ; MARSCHALEK, R. ; SANGOI, L. ; SOUZA, N.M. ; SANTOS, S. B. dos . Esterilidade e produção de grãos de genótipos de arroz irrigado submetidos à baixa temperatura na fase de microsporogênese. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 2017, Gramado. Anais X CBAI. Gramado: SOSBAI, 2017. p. 1-4.

STÜRMER, F. W., MARSCHALEK, R., SANGOI, L., SOUZA, N. M. Esterilidade de espiguetas e produção de grãos de genótipos de arroz irrigado submetidos a baixas temperaturas na microsporogênese. *Revista Agropecuária Catarinense*, 32, 57-61, 2019 <https://doi.org/10.22491/RAC>. 2019. v32 n2.8

XIAO, N.; CHEN, J-M. Molecular Breeding for improving Cold Tolerance in Rice: recente progress and future perspectives. In: HOSSAIN, M.A. et al. (Ed.). *Molecular Breeding for rice abiotic stress tolerance and nutritional quality*. Hoboken: Wiley Blackwell, 2021. p.120-30

Tabela 1. Dados meteorológicos da Estação Meteorológica 2278 Epagri-CIRAM (Mirim Doce, comunidade da Volta Grande, a 500m altitude) no período de 4 a 18 de fevereiro de 2021.

Dia Fev/2021	Precipitação (mm)	Temperatura Média do Ar (°C)	Temperatura Mínima do Ar (°C)	Temperatura Máxima do Ar (°C)	Umidade Relativa Média (%)
4	0,4	23,3	18,6	30,4	81,2
5	0,4	20,4	14,9	26,5	67,3
6	0,0	20,0	13,3	28,7	71,0
7	0,2	19,6	13,2	27,8	77,0
8	0,0	20,0	14,8	26,9	80,0
9	0,0	20,4	15,0	27,0	80,7
10	0,0	21,0	16,6	27,1	79,8
11	0,6	20,4	17,9	26,2	87,3
12	0,0	21,3	19,2	25,4	89,2
13	0,2	23,3	19,3	29,5	81,2
14	2,4	20,2	16,2	26,4	88,4
15	0,2	21,2	15,1	29,1	80,0
16	0,2	21,6	15,1	29,3	74,6
17	0,0	21,7	15,2	30,0	68,0
18	0,0	20,1	12,7	29,0	68,4
Média	1,0	21,4	16,6	28,3	79,7

Tabela 2. Dados agrônômicos e de qualidade de grãos da Unidade de Observação 2020/2021 (349m de altitude) de três genótipos.

Genótipo	Produt. kg ha ⁻¹	Inteiros (%)	Quebrados (%)	Renda Total (%)	Área gessada (%)	Longo-fino (%)	Relação C/L	Esteri- lidade (%)
SC 806	12163 a	62,1 a	7,3 b	69,4 a	1,3 a	13,9 a	3,53	7,65
SCS122 Miura	9331 b	56,7 a	10,7 a	67,4 a	0,7 a	5,4 ab	3,42	13,04
SCS125	9336 b	65,3 a	8,3 ab	73,6 a	0,8 a	3,9 b	3,32	20,91

*Médias seguidas na mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade